

JP00/6283

REC'D 03 OCT 2000	
WIPO	PCT

日 本 国 特 許  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JP00/6283

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 9月16日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第261367号

EU

出 願 人

Applicant (s):

株式会社日立メディコ  
三菱電機株式会社

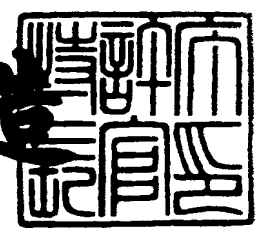
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 7月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3058083

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 98078  
 【提出日】 平成11年 9月16日  
 【あて先】 特許庁長官殿  
 【国際特許分類】 H01F 6/00  
 A61B 5/055

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区内神田1丁目1番14号  
 株式会社日立メディコ内

【氏名】 竹島 弘隆

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区内神田1丁目1番14号  
 株式会社日立メディコ内

【氏名】 本名 孝男

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区内神田1丁目1番14号  
 株式会社日立メディコ内

【氏名】 田崎 寛

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 三菱電機株式会社内

【氏名】 森津 一樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 三菱電機株式会社内

【氏名】 黒田 成紀

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 三菱電機株式会社内

【氏名】 田邊 肇

【特許出願人】

【識別番号】 000153498

【住所又は居所】 東京都千代田区内神田 1 丁目 1 番 1 4 号

【氏名又は名称】 株式会社日立メディコ

【代表者】 宅間 豊

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代表者】 谷口 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008383

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 開放型磁石装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 上下に対向して配置されその間に被検者の被検部をカバーする均一静磁場空間領域を生成する一对の超電導磁石組立体を有し、上記一对の超電導磁石組立体のそれぞれは上記均一静磁場空間領域を生成するための主超電導コイルおよび上記均一静磁場空間領域の磁場均一度を調整するための調整超電導コイルおよびこれら主超電導コイルおよび調整超電導コイルを収容しかつ超電導状態を維持するための冷却容器を備え、上記それぞれの冷却容器の対向面には上記均一静磁場空間領域の磁場均一度を更に調整するための磁場調整手段が配設されていることを特徴とする開放型磁石装置。

【請求項 2】 上記冷却容器は円筒形に形成され、中央に貫通孔を有するドーナツ形冷却容器であり、上記中央貫通孔の壁面あるいは空間の任意の箇所に更に上記磁場調整手段が配設されていることを特徴とする請求項 1 に記載の開放型磁石装置。

【請求項 3】 上記ドーナツ形冷却容器の中央貫通孔をまたぐ対向面上にも着脱自在の磁場調整手段が配設されていることを特徴とする請求項 2 に記載の開放型磁石装置。

【請求項 4】 上記冷却容器は円筒形もしくはドーナツ形に形成され、この冷却容器の対向面の半径を  $R$  とした時、その  $2R/3$  の範囲の領域に上記磁場調整手段が配設されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載の開放型磁石装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、開放型磁石装置に係り、特に高い均一度の静磁場を得るのに好適な開放型磁石装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

水平磁場方式の磁石装置あるいはポールピースを利用する垂直磁場方式の磁石装置では、その磁石装置が生成する静磁場の均一度を高めるため磁性体シムが利用されている。

しかし、ポールピースを利用しない垂直磁場方式の磁石装置では、その磁石装置が生成する静磁場の均一度は専らその磁石装置に導入される調整コイルによって高められていた。

#### 【 0 0 0 3 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、更に高い磁場均一度が達成できかつそのための調整作業も容易な磁性体シムを導入した開放型磁石を提供することである。

#### 【 0 0 0 4 】

本発明のもう一つの目的は導入する磁性体シムの配置に必要な空間を節約した開放型磁石を提供することである。その結果、被検者の入る空間の拡大、あるいは上下に対向して配置される超電導磁石対向間隔の縮小ができ、超電導磁石の効率向上を図ることができる。

#### 【 0 0 0 5 】

本発明の更にもう一つの目的は、導入する磁性体シムの配置位置をその磁化の線形性が確保できる領域とすることにより、磁性体シムの配置位置の最適化を容易にし、磁場均一度調整作業を効率化できる開放型磁石装置を提供することである。

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明では、開放型の超電導磁石において、磁場均一度を調整する手段として、一对の磁石組立体、具体的にはその冷却容器の対向面に磁性体シムを設ける。

#### 【 0 0 0 7 】

本磁石組立体では、先に例示した特開平 9 - 1 5 3 4 0 8 号公報および特開平 9 - 1 9 0 9 1 3 号公報でも記載のあるように、静磁場発生用コイルの配置として、直径の最も大きな主コイルと、それよりも直径の小さな調整コイルから構成されている。この構成において、上記の磁性体シムを配置する領域における磁性

体シムの磁化のされ方、即ち磁化ベクトルの方向は、冷却容器中心からの直径の小さな箇所では垂直方向であるZ方向の成分がほとんどであるが、直径の大きな箇所では径方向の成分が急激に増加することが判った。このことより、径方向の中心近くでは、磁性体シムをどの位置に配置しても、磁性体シムはほぼ一様に磁化されることになる。すなわち、冷却容器の中心から測った半径の小さい領域に磁性体シムを配置することで、一定の磁化を期待できる。このことから、磁性体シムの配置を計算する際に、各磁性体シムの磁化を個別に考慮する必要がないので、シミング作業が簡単になるとの知見を得た。

## 【0008】

この磁化における半径方向成分が増加する領域は、具体的な磁石組立体の構造によって変化するが、大雑把に見ると、中心から主コイル半径の0～2/3程度までの領域では、Z方向成分即ち垂直方向成分が大半を占めている。

## 【0009】

ただし、半径の大きい領域においても、実測や計算機シミュレーション等により、予め磁性体シムの配置箇所と磁化との関係を確認し、そのデータに基づいて磁性体シムの配置を決定することは可能である。これは、磁性体シムの磁化の変化は径方向いは大きく現れるが、周方向に対しては変化が少ないことを確認した結果である。即ち、磁場の発生源となる超電導コイルは、複数の同心円形状のものであり、基本的に軸対称の磁場を発生する。一方、コイル外周部に設けられる磁気シールドはヨーク等の存在のためZ軸に対して非対称な形状であるが、本発明で導入した磁性体シムの位置に対しては、この磁気シールドの非対称形状は、それほど大きな影響を与えないこと、従って、磁性体シムは周方向については比較的一様に磁化されることを確認できた。従って、半径方向成分の大きな外周部をシム配置に用いる場合にも、主に径方向での磁化変化量を考慮すれば十分な場合が多い。更に、磁場の高均一性を要求する場合には、その要求の程度に応じて、周方向での磁化変化もデータ補間などにより取り込めば良い。

## 【0010】

先に例示した特開平9-153408号公報および特開平9-190913号公報に示すような開放型の超電導磁石において、冷却容器の対向面に磁性体シム

を配置することにより、磁場均一度の調整が可能であることを確認した。また、実際に磁性体シムを配置する場所は、冷却容器の直上だけではなく、傾斜磁場コイルの上や、傾斜磁場コイルが磁気シールドされている場合には、主傾斜磁場コイルと傾斜磁場シールドコイルの間、あるいは、主傾斜磁場コイルの均一磁場空間側に配置してもよい。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

図1、2、3、4を参照して本発明の第1の実施例を説明する。

図1、図2に示すとおり、開放型磁石装置10は対向する上下一対の磁石組立体12、14を有しており、これら上下一対の磁石組立体12、14は、それぞれその間に均一静磁場空間領域16を生成するための主超電導コイル18と、この主超電導コイル18が生成する静磁場の均一度を調整する調整超電導コイル20、これら主超電導コイル18および調整超電導コイル20を超電導温度以下に冷却する冷媒を封入しかつこれら超電導コイルを収容している冷媒容器22、熱の対流を防ぐためアルミニウムやステンレス鋼等の非磁性材料により冷媒容器22全体を内包する真空槽24とからなる冷却容器と、これらの外側を包囲し超電導コイルからの漏洩磁束を抑制する強磁性体プレート26とから構成されている。上下の磁石組立体12、14のそれぞれの冷媒容器22および真空槽24は連結管28によって連結されており、かつ上下それぞれの強磁性体プレート26、26はヨーク30によって互いに支持されると共に磁氣的に結合されている。

#### 【0012】

そして、図3、図4に示すとおり、上下磁石組立体12、14の冷却容器として働く真空槽24のそれぞれ対向する対向面部分32に磁性体シムを配置する。

この領域に配置される磁性体シムの具体的な形状としては、例えば10mm×10mm×10mm程度の立方体や、Z軸を中心軸としたリングなどの形状である。

また、シム用磁性体の材料としては、公知の軟磁性材、例えば、鉄、ケイ素鋼板、パーマロイ、等を用いる。

#### 【0013】

図5、6は本発明の第2の実施例を示している。この実施例では、冷却容器と

して働く真空槽 24 が中央に貫通孔 34 のあるドーナツ形に形成され、対向面および貫通孔内の領域 32 に磁性体シムを配置する。すなわち、第 1 の実施例に示した領域に加えて、中央孔部分 34 にも、即ちこの部分の壁面および支持部材を利用してこの部分の空間も磁性体シム配置領域として設けた。

#### 【0014】

この中央の孔の部分 34 は超電導コイルの中心軸の近傍となるため、一般に磁場の分布はほぼ一様となる。従って、どの位置に磁性体シムを置いても、その磁化は一定となる。これにより、シミングの際に行う配置最適化が容易になる。このように、対向面に配置する磁性体シムに追加して、中央孔 34 の磁性体シムを用いることによって、磁場均一度を調整するためのシム位置選択の範囲が広がるので、磁場均一度の調整が容易になる。

#### 【0015】

また、均一磁場空間からの Z 方向距離が異なった位置に、磁性体シムを配置できるので、磁性体シミングにより引き起こされる球面調和関数の各項の係数で表わされる磁場成分間の割り合いを幅広く選ぶことが可能となる。これにより、実際のシミング作業において、制御すべき磁場成分の割り合いが個別に変化するという事態に対処しやすい。

#### 【0016】

また、本来、対向面に配置される磁性体シムで調整可能な成分について、中央孔シムで代替することにより、対向面シムの量を減らせる。これにより、対向面シムを配置する領域の空間を節約できるので、その分だけ、被検体の入る均一磁場空間を拡大するか、あるいは、超電導磁石の対向間隔を縮められるので、磁石の磁場発生効率を高めることができると共に寸法を低減できる。

#### 【0017】

なお特開平 7-250819 号公報も冷却容器に設けた中央孔の内周面に沿って磁性体シムを配置する構成を開示しているが、この中央孔には被検者を配置する構造のため、シムの配置は内周面に沿った表層部に限定される。このため、均一度調整の能力も制限される。一方、本発明では中央孔に被検者を置かない磁石を前提としているため、中央孔内において磁性体シムの配置は制限を受けないの



で、より広範囲な均一度調整が可能となる。

【0018】

図7は本発明の第3の実施例を示している。

図5、6に示した第2の実施例では、対向面シムは、中央孔シムを取り付ける際に邪魔にならないよう、中央部分の配置を避けた構造としている。

これに対して、この第3の実施例では対向面の中央部分も有効に活用するために、この部分にも磁性体シム領域を設けたものである。この領域の磁性体シムだけは少なくとも取り外し可能に設けられる。中央孔シムの取り付け取り外しのためには、この対向面シムの中央部分だけを取り外せば良いので、作業性は悪くならない。

【0019】

図8は本発明の第4の実施例を示している。

この実施例では、対向面シムの領域を中央から一定半径以内に制限している。中心からの半径方向距離が小さい領域では、磁性体シムの配置領域における磁化はZ成分が主成分となる。このため、磁性体の磁化が一様となるため、シム配置の最適化が容易になるとともに、実作業の結果と計算値とが良く一致するので、シミング回数の低減にも寄与する。

【0020】

この制限半径としては、磁化の主成分がZ方向となる範囲を選べば良く、この範囲は主超電導コイル直径の0～2/3程度が最適である。一般的に、冷却容器の肉厚を考えた外周内壁から真空槽24の最外径までの寸法は、60mm～150mm程度であり、一方、全身用のMRIシステムを考えた場合、主超電導コイルの半径は700～1,000mm程度が妥当である。一方、磁石の外形寸法をできるだけ小さくするために、主超電導コイルの最外径は、冷却容器の外周内壁にできるだけ接近して配置されており、また、冷却容器への熱侵入を所定値以下の設定可能な範囲において、真空槽24も可能な限り小さく構成される。

従って、上記の制限半径は冷却容器即ち、真空槽24の外径に対しても2/3程度となる。

【発明の効果】

## 【0021】

本発明によれば、上下に対向して配置される磁石組立体を構成する互いに均一静磁場空間領域を挟んで対向する冷却容器の対向面に磁場調整手段を配設することによって、その間に形成される静磁場の均一度を更に向上する開放型磁石装置を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明が適用される開放型磁石装置の概略外観斜視図。

## 【図2】

図1の縦断面図。

## 【図3】

本発明の第1の実施例における磁性体シムの配置を示す斜視図。

## 【図4】

図3の縦断面図。

## 【図5】

本発明の第2の実施例における磁性体シムの配置を示す斜視図。

## 【図6】

図5の縦断面図。

## 【図7】

本発明の第3の実施例における磁性体シムの配置を示す斜視図。

## 【図8】

本発明の第4の実施例における磁性体シムの配置を示す斜視図。

## 【符号の説明】

- 10 開放型磁石装置
- 12 上側磁石組立体
- 14 下側磁石組立体
- 16 均一静磁場空間領域
- 18 主超電導コイル
- 20 調整超電導コイル

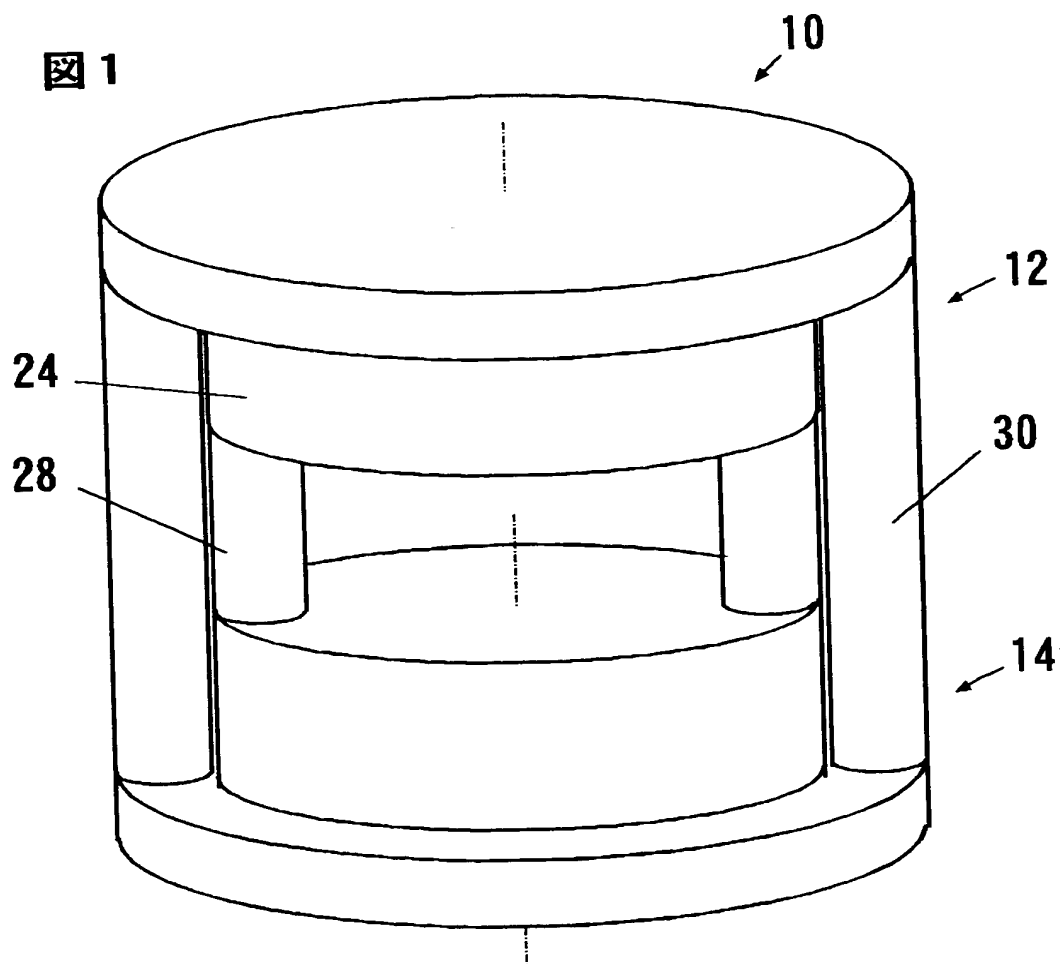
- 2 2 冷媒容器
- 2 4 真空槽、冷却容器
- 2 6 強磁性体プレート
- 2 8 連結管
- 3 0 ヨーク
- 3 2 磁性体シム配置領域
- 3 4 中央孔

【書類名】

図面

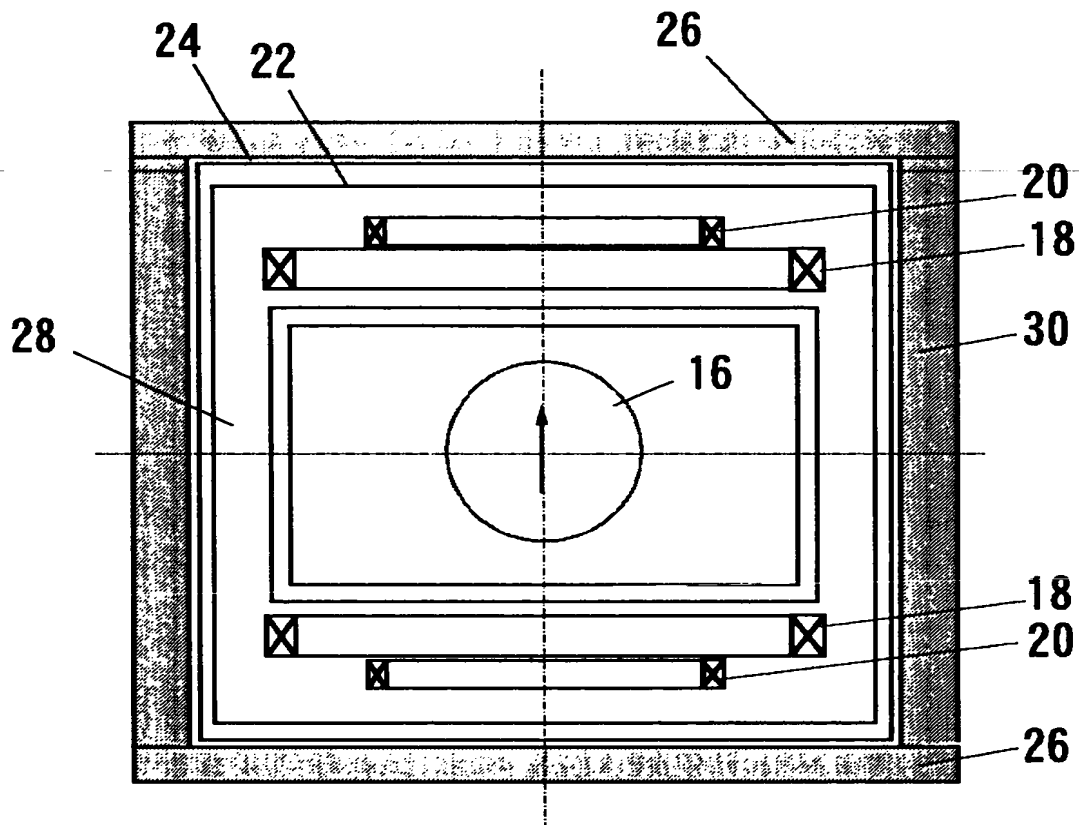
【図 1】

図 1



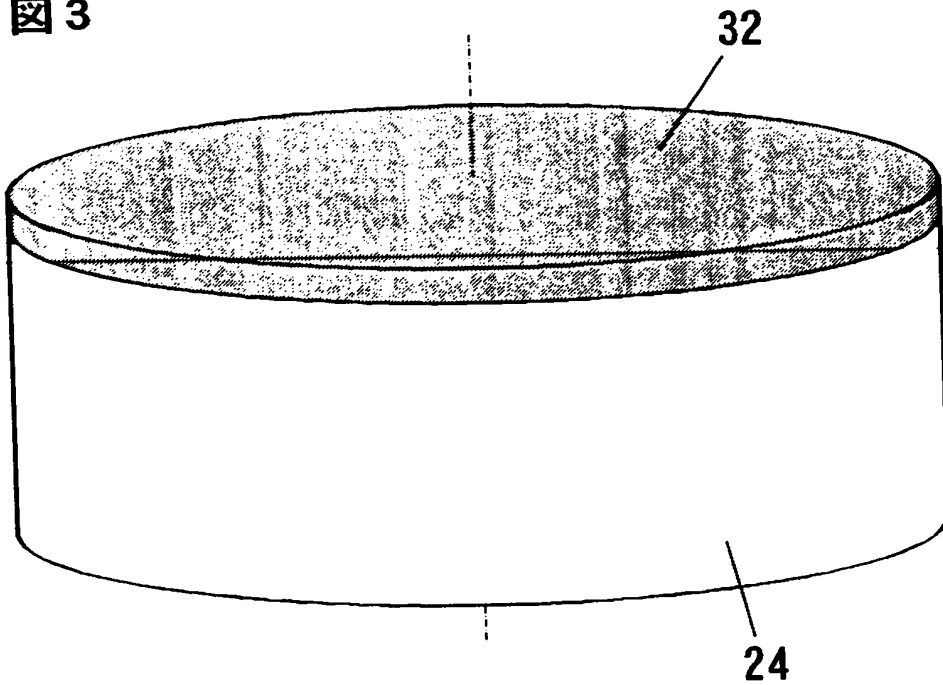
【図 2】

図 2



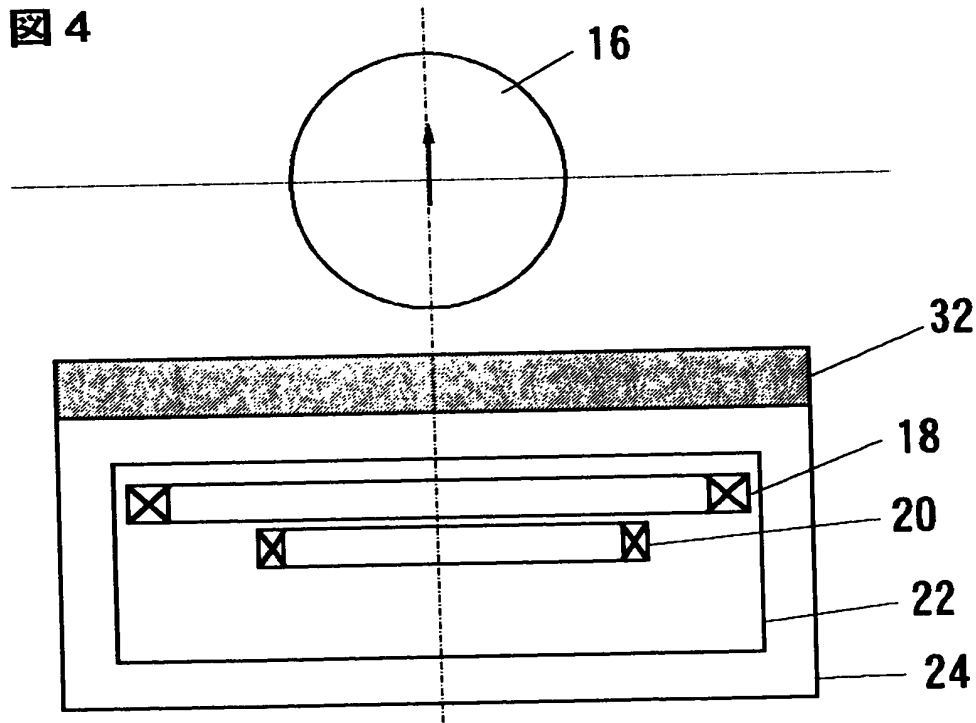
【図 3】

図 3



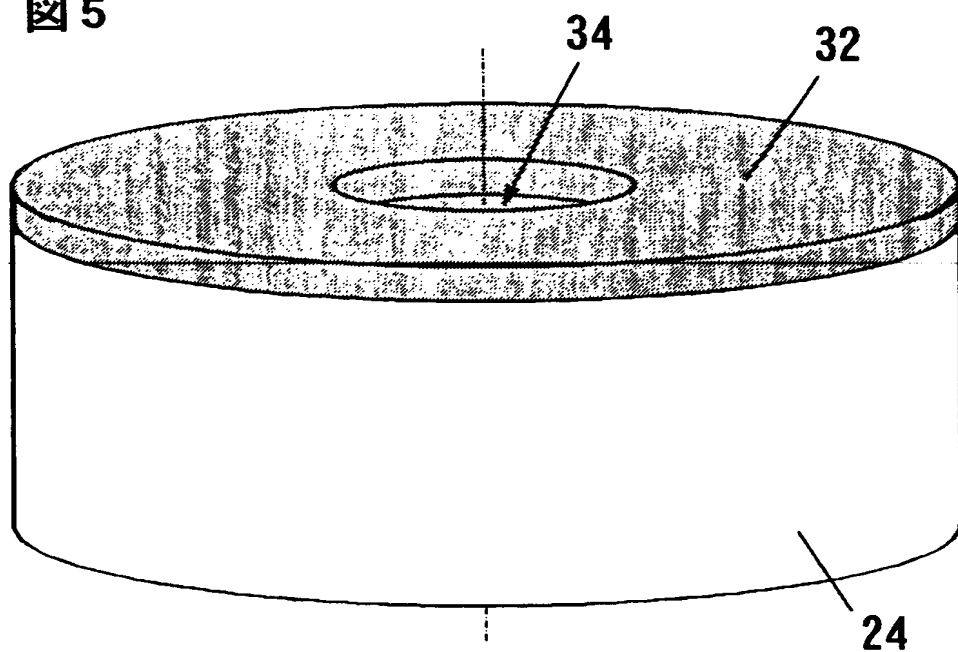
【図 4】

図 4



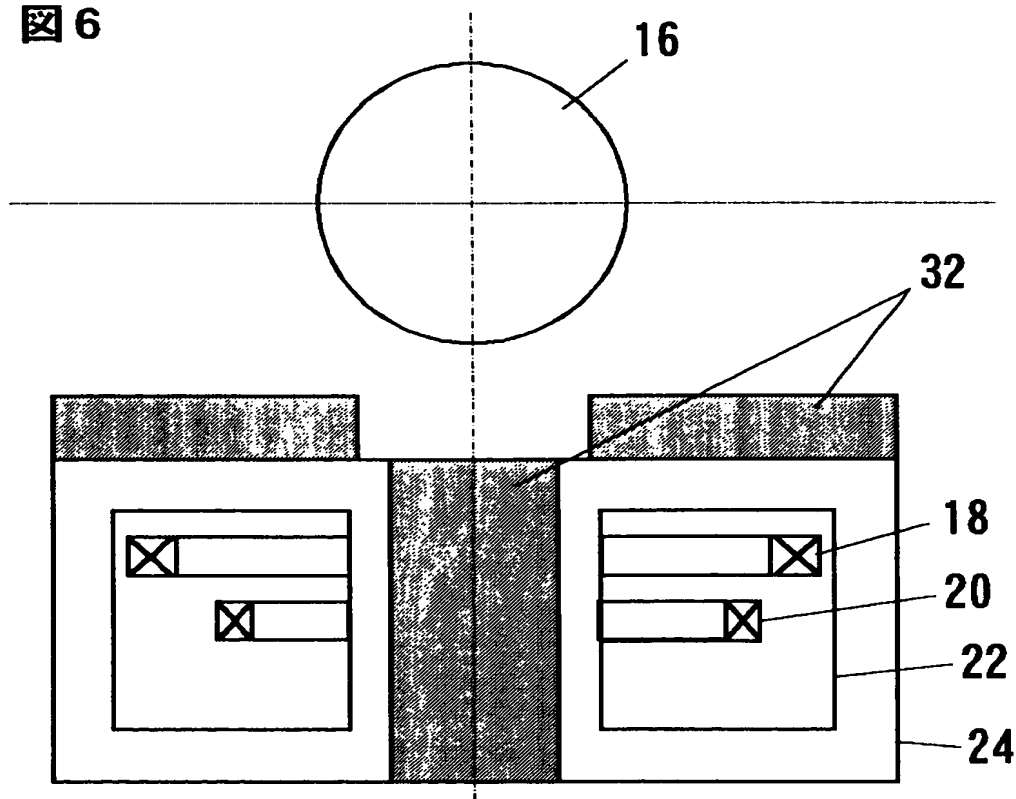
【図 5】

図 5



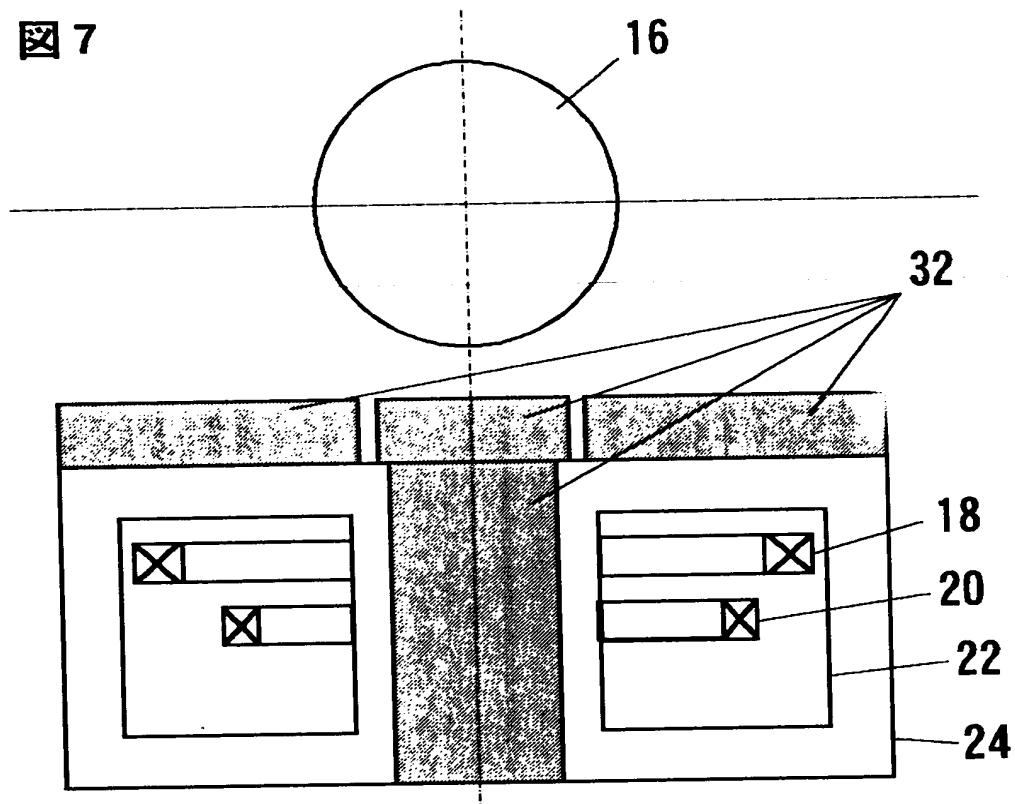
【図 6】

図 6



【図 7】

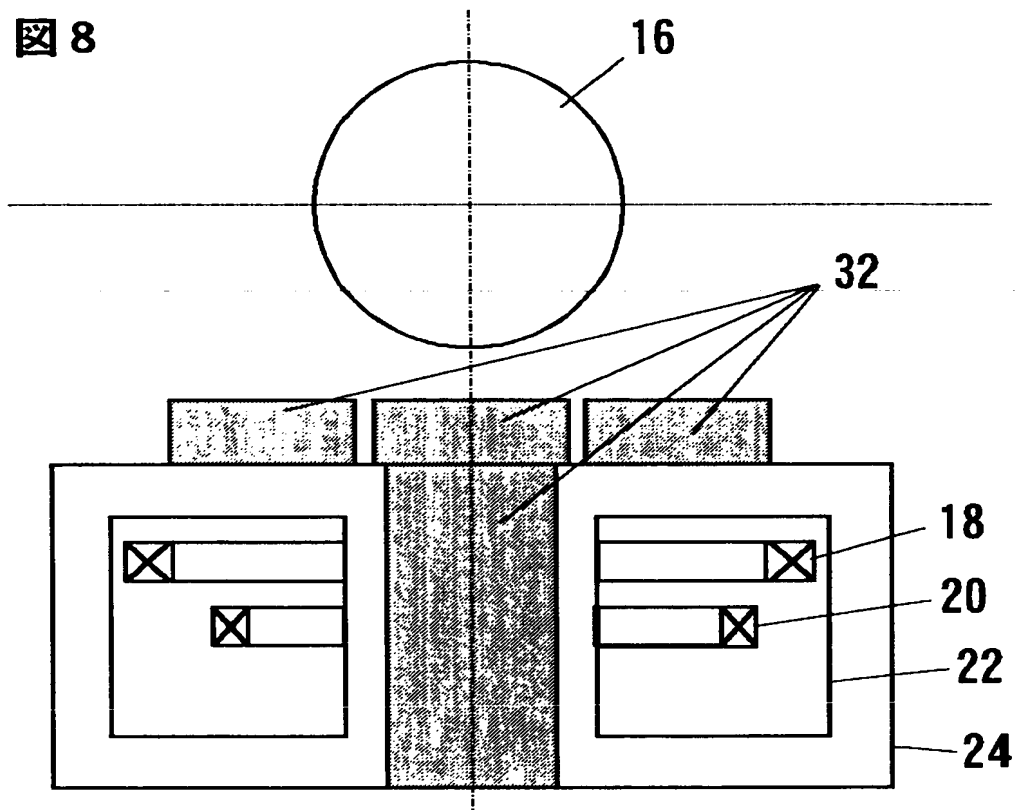
図 7





【図 8】

図 8



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高い磁場均一度が達成でき、そのための調整作業も容易な磁性体シムを導入した開放型超電導磁石。

【解決手段】 開放型超電導磁石において、上下一対の磁石組立体の冷却容器の対向面に第 1 の磁場均一度の調整手段である磁性体シムを設ける。さらに、冷却容器の中央部に設けた孔内に第 2 の磁場均一度の調整手段である磁性体シムを設ける。その結果、高い磁場均一度の達成ができ、かつその調整作業が容易に実行できる。

【選択図】 図 6

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第261367号
受付番号	59900897678
書類名	特許願
担当官	塩崎 博子 1606
作成日	平成11年11月 9日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】	申請人
【識別番号】	000153498
【住所又は居所】	東京都千代田区内神田1丁目1番14号
【氏名又は名称】	株式会社日立メディコ
【特許出願人】	
【識別番号】	000006013
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
【氏名又は名称】	三菱電機株式会社

平 11-261367

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000153498]

1. 変更年月日

1990年 8月10日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

氏 名

株式会社日立メディコ

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006013]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名	三菱電機株式会社

